



Richiesta valutazione del progetto al G.C. di Salerno  
Realizzazione edificio scolastico  
Polo dell'infanzia ubicato in via Lucania  
Progetto strutturale

Il tecnico strutturale

Ing. Marco Moscati

Il collaudatore

Architetto Mauro Spina

I progettisti architettonici

Ing. Giuseppe Guariglia    Arch. Eufemia Guariglia    Ing. Massimiliano Cione  
(D.T. Progea S.r.l.)

Il committente  
Budda S.r.l.

data  
Aprile 2023

## Indice generale

|  |           |
|--|-----------|
| <b>RELAZIONE GENERALE .....</b>                                      | <b>2</b>  |
| • <b>DESCRIZIONE GENERALE DELL’OPERA .....</b>                       | <b>2</b>  |
| • <b>DESCRIZIONE DELLE CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEL SITO .....</b> | <b>2</b>  |
| • <b>INFORMAZIONI GENERALI SULL’ANALISI SVOLTA.....</b>              | <b>2</b>  |
| NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....  | 2         |
| REFERENZE TECNICHE (CAP. 12 D.M. 17.01.2018).....                    | 3         |
| MISURA DELLA SICUREZZA .....   | 3         |
| MODELLI DI CALCOLO .....   | 4         |
| • <b>AZIONI SULLA COSTRUZIONE .....</b>                              | <b>5</b>  |
| AZIONI AMBIENTALI E NATURALI.....                                    | 5         |
| DESTINAZIONE D’USO E SOVRACCARICHI PER LE AZIONI ANTROPICHE .....    | 6         |
| AZIONE SISMICA.....  | 8         |
| AZIONI DOVUTE AL VENTO .....   | 8         |
| AZIONI DOVUTE ALLA TEMPERATURA .....                                 | 8         |
| NEVE.....  | 8         |
| AZIONI ANTROPICHE E PESI PROPRI.....                                 | 9         |
| COMBINAZIONI DI CALCOLO .....  | 9         |
| COMBINAZIONI DELLE AZIONI SULLA COSTRUZIONE .....                    | 10        |
| • <b>TOLLERANZE .....</b>  | <b>10</b> |
| • <b>DURABILITÀ .....</b>  | <b>11</b> |
| • <b>PRESTAZIONI ATTESE AL COLLAUDO .....</b>                        | <b>11</b> |

## RELAZIONE GENERALE

**OGGETTO: RICHIESTA VALUTAZIONE DEL PROGETTO AL G.C. DI SALERNO  
REALIZZAZIONE EDIFICIO SCOLASTICO - POLO DELL'INFANZIA UBICATO IN VIA LUCANIA**

Per una immediata comprensione delle condizioni sismiche, si riporta il seguente:

### RIEPILOGO PARAMETRI SISMICI

|  |          |
|--|----------|
| Vita Nominale                                | 100      |
| Classe d'Uso                                 | 4        |
| Categoria del Suolo                          | C        |
| Categoria Topografica                        | 1        |
| Latitudine del sito oggetto di edificazione  | 40.6432  |
| Longitudine del sito oggetto di edificazione | 14.97438 |

#### • DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

L'edificio relativo al progetto originario consiste in una struttura #Descrizione Struttura#

#### • DESCRIZIONE DELLE CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEL SITO

L'opera oggetto di progettazione strutturale ricade nel territorio comunale di Pontecagnano Faiano; l'area analizzata è ubicata ad una quota di circa 30,5 metri s.l.m.

#Descrizione sito#

Per la caratterizzazione geotecnica si è fatto riferimento alla relazione geologica redatta dal Geologo Dott. Settimio OLIVIERI.

L'esatta individuazione del sito è riportata nei grafici di progetto.

#### • INFORMAZIONI GENERALI SULL'ANALISI SVOLTA

#### NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.M 17/01/2018 - Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni;  
Circ. Ministero Infrastrutture e Trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018;

### REFERENZE TECNICHE (Cap. 12 D.M. 17.01.2018)

- UNI ENV 1992-1-1 - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 206-1/2001 - Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità.
- UNI EN 1993-1-1 - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 1995-1 – Costruzioni in legno
- UNI EN 1998-1 – Azioni sismiche e regole sulle costruzioni
- UNI EN 1998-5 – Fondazioni ed opere di sostegno

### MISURA DELLA SICUREZZA

Il metodo di verifica della sicurezza adottato è quello degli Stati Limite (SL) che prevede due insiemi di verifiche rispettivamente per gli stati limite ultimi S.L.U. e gli stati limite di esercizio S.L.E.. La sicurezza viene quindi garantita progettando i vari elementi resistenti in modo da assicurare che la loro resistenza di calcolo sia sempre maggiore delle corrispondente domanda in termini di azioni di calcolo.

Le norme precisano che la sicurezza e le prestazioni di una struttura o di una parte di essa devono essere valutate in relazione all'insieme degli stati limite che verosimilmente si possono verificare durante la vita normale.

Prescrivono inoltre che debba essere assicurata una robustezza nei confronti di azioni eccezionali.

Le prestazioni della struttura e la vita nominale sono riportati nei successivi tabulati di calcolo della struttura.

La sicurezza e le prestazioni saranno garantite verificando gli opportuni stati limite definiti di concerto al Committente in funzione dell'utilizzo della struttura, della sua vita nominale e di quanto stabilito dalle norme di cui al D.M. 17/01/2018 e successive modifiche ed integrazioni.

In particolare si è verificata:

- la sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (S.L.U.) che possono provocare eccessive deformazioni permanenti, crolli parziali o globali, dissesti, che possono compromettere l'incolumità delle persone e/o la perdita di beni, provocare danni ambientali e sociali, mettere fuori servizio l'opera. Per le verifiche sono stati utilizzati i coefficienti parziali relativi alle azioni ed alle resistenze dei materiali in accordo a quanto previsto dal D.M. 17/01/2018 per i vari tipi di materiale. I valori utilizzati sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate;
  - la sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio (S.L.E.) che possono limitare nell'uso e nella durata l'utilizzo della struttura per le azioni di esercizio. In particolare di concerto con il committente e coerentemente alle norme tecniche si sono definiti i limiti riportati nell'allegato fascicolo delle calcolazioni;
  - la sicurezza nei riguardi dello stato limite del danno (S.L.D.) causato da azioni sismiche con opportuni periodi di ritorno definiti di concerto al committente ed alle norme vigenti per le costruzioni in zona sismica;
  - robustezza nei confronti di opportune azioni accidentali in modo da evitare danni sproporzionati in caso di incendi, urti, esplosioni, errori umani;
- Per quando riguarda le fasi costruttive intermedie la struttura non risulta cimentata in maniera più gravosa della fase finale.

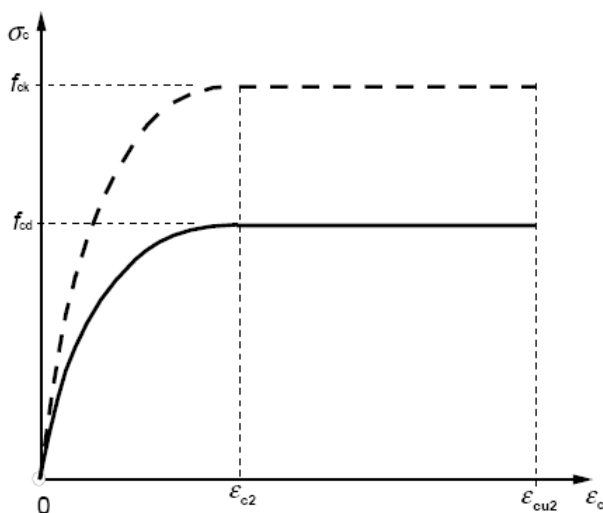
### MODELLI DI CALCOLO

Si sono utilizzati come modelli di calcolo quelli esplicitamente richiamati nel D.M. 17/01/2018.

**Per quanto riguarda le azioni sismiche ed in particolare per la determinazione del fattore di struttura, dei dettagli costruttivi e le prestazioni sia agli S.L.U. che allo S.L.D. si fa riferimento al D.M. 17/01/18 e alla circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 gennaio 2019, n. 7 la quale è stata utilizzata come norma di dettaglio.**

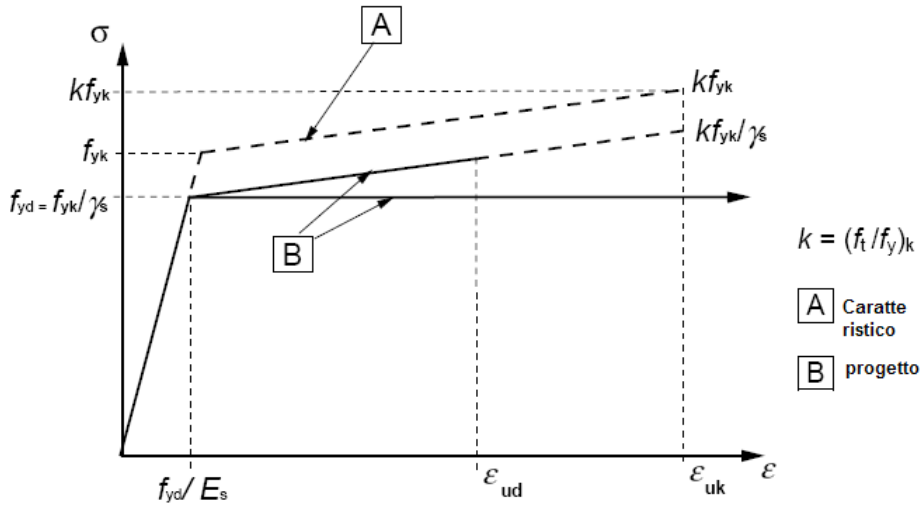
La definizione quantitativa delle prestazioni e le verifiche sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.

Per le verifiche sezionali i legami utilizzati sono:



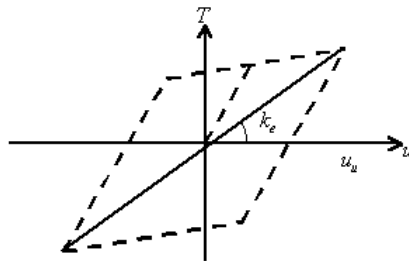
**Legame costitutivo di progetto parabola-rettangolo per il calcestruzzo.**

Il valore  $\epsilon_{cu2}$  nel caso di analisi non lineari sarà valutato in funzione dell'effettivo grado di confinamento esercitato dalle staffe sul nucleo di calcestruzzo.



**Legame costitutivo di progetto elastico perfettamente plastico o incrudente a duttilità limitata per l'acciaio.**

- legame rigido plastico per le sezioni in acciaio di classe 1 e 2 e elastico lineare per quelle di classe 3 e 4;
- legame elastico lineare per le sezioni in legno;
- legame elasto-viscoso per gli isolatori.



**Legame costitutivo per gli isolatori.**

Il modello di calcolo utilizzato risulta rappresentativo della realtà fisica per la configurazione finale anche in funzione delle modalità e sequenze costruttive.

- **AZIONI SULLA COSTRUZIONE**

## AZIONI AMBIENTALI E NATURALI

Si è concordato con il committente che le prestazioni attese nei confronti delle azioni sismiche siano verificate agli stati limite, sia di esercizio che ultimi individuati riferendosi alle prestazioni della

costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti. Gli stati limite di esercizio sono:

- Stato Limite di Operatività (S.L.O.)
- Stato Limite di Danno (S.L.D.)

Gli stati limite ultimi sono:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (S.L.V.)
- Stato Limite di prevenzione del Collasso (S.L.C.)

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella:

| Stati Limite $P_{VR}$ :   |     | Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$ |
|---------------------------|-----|---|
| Stati limite di esercizio | SLO | 81%   |
|                           | SLD | 63%   |
| Stati limite ultimi       | SLV | 10%   |
|                           | SLC | 5%  |

Per la definizione delle forme spettrali (spettri elastici e spettri di progetto), in conformità ai dettami del D.M. 17/01/2018 § 3.2.3. sono stati definiti i seguenti termini:

- Vita Nominale del fabbricato;
- Classe d'Uso del fabbricato;
- Categoria del Suolo;
- Coefficiente Topografico;
- Latitudine e Longitudine del sito oggetto di edificazione.

Si è inoltre concordato che le verifiche delle prestazioni saranno effettuate per le azioni derivanti dalla neve, dal vento e dalla temperatura secondo quanto previsto dal cap. 3 del D.M. 17/01/18 e dalla Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 gennaio 2019 n. 7 per un periodo di ritorno coerente alla classe della struttura ed alla sua vita utile.

#### DESTINAZIONE D'USO E SOVRACCARICHI PER LE AZIONI ANTROPICHE

Per la determinazione dell'entità e della distribuzione spaziale e temporale dei sovraccarichi variabili si farà riferimento alla tabella del D.M. 17/01/2018 in funzione della destinazione d'uso.

I carichi variabili comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera; i modelli di tali azioni possono essere costituiti da:

- carichi verticali uniformemente distribuiti  $q_k$  [kN/m<sup>2</sup>]
- carichi verticali concentrati  $Q_k$  [kN]
- carichi orizzontali lineari  $H_k$  [kN/m]

**Tabella 3.1.II** – Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici

## Relazione Generale

| Categ. | Ambienti   | $q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]                                   | $Q_k$ [kN] | $H_k$ [kN/m] |
|--------|--|--|------------|--------------|
| A      | <b>Ambienti ad uso residenziale</b><br>Aree per attività domestiche e residenziali; sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree soggette ad affollamento), camere di degenza di ospedali | 2,00   | 2,00       | 1,00         |
|        | Scale comuni, balconi, ballatoi  | 4,00   | 4,00       | 2,00         |
| B      | <b>Uffici</b>  |  |            |              |
|        | Cat. B1 – Uffici non aperti al pubblico  | 2,00   | 2,00       | 1,00         |
|        | Cat. B2 – Uffici aperti al pubblico  | 3,00   | 2,00       | 1,00         |
|        | Scale comuni, balconi, ballatoi  | 4,00   | 4,00       | 2,00         |
| C      | <b>Ambienti suscettibili di affollamento</b>   |  |            |              |
|        | Cat. C1 Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento  | 3,00   | 3,00       | 1,00         |
|        | Cat. C2 Aree con posti a sedere fissi, quali chiese, teatri, cinema, sale per conferenze e attesa, aule universitarie e aule magne   | 4,00   | 4,00       | 2,00         |
|        | Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, aree d'accesso a uffici, ad alberghi e ospedali, ad atri di stazioni ferroviarie   | 5,00   | 5,00       | 3,00         |
|        | Cat. C4. Aree con possibile svolgimento di attività fisiche, quali sale da ballo, palestre, palcoscenici   | 5,00   | 5,00       | 3,00         |
|        | Cat. C5. Aree suscettibili di grandi affollamenti, quali edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune, gradinate e piattaforme ferroviarie  | 5,00   | 5,00       | 3,00         |
|        | Scale comuni, balconi, ballatoi  | Secondo categoria d'uso servita, con le seguenti limitazioni |            |              |
|        |  | ≥4,00  | ≥4,00      | ≥2,00        |
| D      | <b>Ambienti ad uso commerciale</b>   |  |            |              |
|        | Cat. D1 Negozi   | 4,00   | 4,00       | 2,00         |
|        | Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini  | 5,00   | 5,00       | 2,00         |
|        | Scale comuni, balconi, ballatoi  | Secondo categoria d'uso servita                              |            |              |
| E      | <b>Aree per immagazzinamento e uso commerciale ed uso industriale</b>  |  |            |              |
|        | Cat. E1 Aree per accumulo di merci e relative aree d'accesso, quali biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri   | ≥ 6,00   | 7,00       | 1,00*        |
|        | Cat. E2 Ambienti ad uso industriale  | da valutarsi caso per caso                                   |            |              |
| F – G  | <b>Rimesse e aree per traffico di veicoli (esclusi i ponti)</b>  |  |            |              |
|        | Cat. F Rimesse, aree per traffico, parcheggio e sosta di veicoli leggeri (peso a pieno carico fino a 30 kN)  | 2,50   | 2 x 10,00  | 1,00**       |
|        | Cat. G Aree per traffico e parcheggio di veicoli medi (peso a pieno carico compreso fra 30 kN e 160 kN), quali rampe d'accesso, zone di carico e scarico merci   | da valutarsi caso per caso e comunque non minori di          |            |              |
|        |  | 5,00   | 2 x 50,00  | 1,00**       |
| H-I-K  | <b>Coperture</b>   |  |            |              |
|        | Cat. H Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione   | 0,50   | 1,20       | 1,00         |
|        | Cat. I Coperture praticabili di ambienti di categoria d'uso compresa fra A e D   | secondo categoria di appartenenza                            |            |              |
|        | Cat. K Coperture per usi speciali, quali impianti, eliporti  | da valutarsi caso per caso                                   |            |              |

\* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati.

\*\* per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso

I valori nominali e/o caratteristici  $q_k$ ,  $Q_k$  ed  $H_k$  di riferimento sono riportati nella Tab. 3.1.II. delle N.T.C. 2018. In presenza di carichi verticali concentrati  $Q_k$  essi sono stati applicati su impronte di carico appropriate all'utilizzo ed alla forma dello orizzontamento.

In particolare si considera una forma dell'impronta di carico quadrata pari a 50 x 50 mm, salvo che per le rimesse ed i parcheggi, per i quali i carichi si sono applicano su due impronte di 200 x 200 mm, distanti assialmente di 1,80 m.



### AZIONE SISMICA

Ai fini delle N.T.C. 2018 l'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X ed Y ed una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra di loro indipendenti.

Le componenti possono essere descritte, in funzione del tipo di analisi adottata, mediante una delle seguenti rappresentazioni:

- accelerazione massima attesa in superficie;
- accelerazione massima e relativo spettro di risposta attesi in superficie;
- accelerogramma.

l'azione in superficie è stata assunta come agente su tali piani.

Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta. L'accelerazione massima e lo spettro di risposta della componente verticale attesa in superficie sono determinati sulla base dell'accelerazione massima e dello spettro di risposta delle due componenti orizzontali.

In allegato alle N.T.C. 2018, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori dei precedenti parametri di pericolosità sismica necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

### AZIONI DOVUTE AL VENTO

Le azioni del vento sono state determinate in conformità al §3.3 del D.M. 17/01/18 e della Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 gennaio 2019 n. 7. Si precisa che tali azioni hanno valenza significativa in caso di strutture di elevata snellezza e con determinate caratteristiche tipologiche come ad esempio le strutture in acciaio.

### AZIONI DOVUTE ALLA TEMPERATURA

E' stato tenuto conto delle variazioni giornaliere e stagionali della temperatura esterna, irraggiamento solare e convezione comportano variazioni della distribuzione di temperatura nei singoli elementi strutturali, con un delta di temperatura di 15° C.

Nel calcolo delle azioni termiche, si è tenuto conto di più fattori, quali le condizioni climatiche del sito, l'esposizione, la massa complessiva della struttura, la eventuale presenza di elementi non strutturali isolanti, le temperature dell'aria esterne (Cfr. § 3.5.2), dell'aria interna (Cfr. § 3.5.3) e la distribuzione della temperatura negli elementi strutturali (Cfr § 3.5.4) viene assunta in conformità ai dettami delle N.T.C. 2018.

### NEVE

Il carico provocato dalla neve sulle coperture, ove presente, è stato valutato mediante la seguente espressione di normativa:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t \quad \text{(Cfr. §3.3.7)}$$

in cui si ha:

$q_s$  = carico neve sulla copertura;

$\mu_i$  = coefficiente di forma della copertura, fornito al (Cfr. § 3.4.5);

$q_{sk}$  = valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [ $\text{kN/m}^2$ ], fornito al (Cfr. § 3.4.2) delle N.T.C. 2018

per un periodo di ritorno di 50 anni;

$C_E$  = coefficiente di esposizione di cui al (Cfr. § 3.4.3);

$C_t$  = coefficiente termico di cui al (Cfr. § 3.4.4).

### AZIONI ANTROPICHE E PESI PROPRI

Nel caso delle spinte del terrapieno sulle pareti di cantinato (ove questo fosse presente), in sede di valutazione di tali carichi, (a condizione che non ci sia grossa variabilità dei parametri geotecnici dei vari strati così come individuati nella relazione geologica), è stata adottata una sola tipologia di terreno ai soli fini della definizione dei lati di spinta e/o di eventuali sovraccarichi.

### COMBINAZIONI DI CALCOLO

Le combinazioni di calcolo considerate sono quelle previste dal D.M. 17/01/2018 per i vari stati limite e per le varie azioni e tipologie costruttive.

In particolare, ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni per cui si rimanda al § 2.5.3 delle N.T.C. 2018. Queste sono:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (S.L.U.) (2.5.1);
- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (S.L.E.) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7 (2.5.2);
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (S.L.E.) reversibili (2.5.3);
- Combinazione quasi permanente (S.L.E.), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine (2.5.4);
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2 form. 2.5.5);
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto Ad (v. § 3.6 form. 2.5.6).

Nelle combinazioni per S.L.E., si intende che vengono omessi i carichi  $Q_{kj}$  che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi  $G_2$ .

Altre combinazioni sono da considerare in funzione di specifici aspetti (p. es. fatica, ecc.). Nelle formule sopra riportate il simbolo + vuol dire “combinato con”.

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma_{Gi}$  e  $\gamma_{Qj}$  sono dati in § 2.6.1, Tab. 2.6.I.

Nel caso delle costruzioni civili e industriali le verifiche agli stati limite ultimi o di esercizio devono essere effettuate per la combinazione dell'azione sismica con le altre azioni già fornita in § 2.5.3 form. 3.2.16 delle N.T.C. 2018.

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai carichi gravitazionali (form. 3.2.17).

I valori dei coefficienti  $\psi_{2j}$  sono riportati nella Tabella 2.5.I..

La struttura deve essere progettata così che il degrado nel corso della sua vita nominale, purché si adotti la normale manutenzione ordinaria, non pregiudichi le sue prestazioni in termini di resistenza, stabilità e funzionalità, portandole al di sotto del livello richiesto dalle presenti norme.

Le misure di protezione contro l'eccessivo degrado devono essere stabilite con riferimento alle previste condizioni ambientali.

La protezione contro l'eccessivo degrado deve essere ottenuta attraverso un'opportuna scelta dei dettagli, dei materiali e delle dimensioni strutturali, con l'eventuale applicazione di sostanze o ricoprimenti protettivi, nonché con l'adozione di altre misure di protezione attiva o passiva.

La definizione quantitativa delle prestazioni e le verifiche sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.

### COMBINAZIONI DELLE AZIONI SULLA COSTRUZIONE

Le azioni definite come al § 2.5.1 delle N.T.C. 2018 sono state combinate in accordo a quanto definito al § 2.5.3. applicando i coefficienti di combinazione come di seguito definiti:

| Categoria/Azione variabile  | $\psi_{0i}$ | $\psi_{1i}$ | $\psi_{2i}$ |
|---|-------------|-------------|-------------|
| Categoria A Ambienti ad uso residenziale                                  | 0,7         | 0,5         | 0,3         |
| Categoria B Uffici  | 0,7         | 0,5         | 0,3         |
| Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento                         | 0,7         | 0,7         | 0,6         |
| Categoria D Ambienti ad uso commerciale                                   | 0,7         | 0,7         | 0,6         |
| Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale | 1,0         | 0,9         | 0,8         |
| Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)    | 0,7         | 0,7         | 0,6         |
| Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)       | 0,7         | 0,5         | 0,3         |
| Categoria H Coperture   | 0,0         | 0,0         | 0,0         |
| Vento   | 0,6         | 0,2         | 0,0         |
| Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)                                       | 0,5         | 0,2         | 0,0         |
| Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)  | 0,7         | 0,5         | 0,2         |
| Variazioni termiche   | 0,6         | 0,5         | 0,0         |

*Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione*

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma_{Gi}$  e  $\gamma_{Qj}$  utilizzati nelle calcolazioni sono dati nelle N.T.C. 2018 in § 2.6.1, Tab. 2.6.I.

### • TOLLERANZE

Nelle calcolazioni si è fatto riferimento ai valori nominali delle grandezze geometriche ipotizzando che le tolleranze ammesse in fase di realizzazione siano conformi alle euronorme EN 1992-1991-EN206 - EN 1992-2005:

- Copriferro  $-5$  mm (EC2 4.4.1.3)

Per dimensioni  $\leq 150$  mm  $\pm 5$  mm

Per dimensioni  $\geq 400$  mm  $\pm 15$  mm

Per dimensioni  $\geq 2500 \text{ mm} \pm 30 \text{ mm}$

Per i valori intermedi interpolare linearmente.

- **DURABILITÀ**

Per garantire la durabilità della struttura sono state prese in considerazione opportuni stati limite di esercizio (S.L.E.) in funzione dell'uso e dell'ambiente in cui la struttura dovrà vivere limitando sia gli stati tensionali che nel caso delle opere in calcestruzzo anche l'ampiezza delle fessure. La definizione quantitativa delle prestazioni, la classe di esposizione e le verifiche sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.

Inoltre per garantire la durabilità, così come tutte le prestazioni attese, è necessario che si ponga adeguata cura sia nell'esecuzione che nella manutenzione e gestione della struttura e si utilizzino tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture. La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono coerenti con tali obiettivi.

Durante le fasi di costruzione il direttore dei lavori implementerà severe procedure di controllo sulla qualità dei materiali, sulle metodologie di lavorazione e sulla conformità delle opere eseguite al progetto esecutivo nonché alle prescrizioni contenute nelle "Norme Tecniche per le Costruzioni" D.M. 17/01/2018 e relative Istruzioni.

- **PRESTAZIONI ATTESE AL COLLAUDO**

La struttura a collaudo dovrà essere conforme alle tolleranze dimensionali prescritte nella presente relazione, inoltre relativamente alle prestazioni attese esse dovranno essere quelle di cui al § 9 del D.M. 17/01/2018.

Ai fini della verifica delle prestazioni il collaudatore farà riferimento ai valori di tensioni, deformazioni e spostamenti desumibili dall'allegato fascicolo dei calcoli statici per il valore delle azioni pari a quelle di esercizio.

# **Indice generale**

**TIPO ANALISI SVOLTA**

**ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO**

**VALIDAZIONE DEI CODICI**

**PRESENTAZIONE SINTETICA DEI RISULTATI**

**INFORMAZIONI SULL' ELABORAZIONE**

**GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA'**

## **Tipo Analisi svolta**

### **◦ Tipo di analisi e motivazione**

L'analisi per le combinazioni delle azioni permanenti e variabili è stata condotta in regime elastico lineare.

Per quanto riguarda le azioni sismiche, tenendo conto che per la tipologia strutturale in esame possono essere significativi i modi superiori, si è optato per l'analisi modale con spettro di risposta di progetto e fattore di comportamento. La scelta è stata anche dettata dal fatto che tale tipo di analisi è nelle NTC2018 indicata come l'analisi di riferimento che può essere utilizzata senza limitazione di sorta. Nelle analisi sono state considerate le eccentricità accidentali pari al 5% della dimensione della struttura nella direzione trasversale al sisma.

### **◦ Metodo di risoluzione della struttura**

La struttura è stata modellata con il metodo degli elementi finiti utilizzando vari elementi di libreria specializzati per schematizzare i vari elementi strutturali. In particolare le travi ed i pilastri sono stati schematizzati con elementi asta a due nodi deformabili assialmente, a flessione e taglio, utilizzando funzioni di forma cubiche di Hermite. Tale modello finito ha la caratteristica di fornire la soluzione esatta in campo elastico lineare, per cui non necessita di ulteriori suddivisioni interne degli elementi strutturali.

Per gli elementi strutturali bidimensionali (pareti a taglio, setti, nuclei irrigidenti, piastre o superfici generiche) è stato utilizzato un modello finito a 3 o 4 nodi di tipo shell che modella sia il comportamento membranale (lastra) che flessionale (piastra). Tale elemento finito di tipo isoparametrico è stato modellato con funzioni di forma di tipo polinomiale che rappresentano una soluzione congruente ma non esatta nello spirito del metodo FEM. Per questo tipo di elementi finiti la precisione dei risultati ottenuti dipende dalla forma e densità della MESH. Il metodo è efficiente per il calcolo degli spostamenti nodali ed è sempre rispettoso dell'equilibrio a livello nodale con le azioni esterne.

Nel modello sono stati tenuti in conto i dissamenti tra i vari elementi strutturali schematizzandoli come vincoli cinematici rigidi. La presenza di eventuali orizzontamenti è stata tenuta in conto o con vincoli cinematici rigidi o con modellazione della soletta con elementi SHELL. I vincoli tra i vari elementi strutturali e quelli con il terreno sono stati modellati in maniera congruente al reale comportamento strutturale.

In particolare, il modello di calcolo ha tenuto conto dell'interazione suolo-struttura schematizzando le fondazioni superficiali (con elementi plinto, trave o piastra) come elementi su suolo elastico alla Winkler.

I legami costitutivi utilizzati nelle analisi globali finalizzate al calcolo delle sollecitazioni sono del tipo elastico lineare.

### **◦ Metodo di verifica sezionale**

Le verifiche sono state condotte con il metodo degli stati limite (SLU e SLE) utilizzando i

coefficienti parziali della normativa di cui al DM 17/01/2018.

Le verifiche degli elementi bidimensionali sono state effettuate direttamente sullo stato tensionale ottenuto, per le azioni di tipo statico e di esercizio. Per le azioni dovute al sisma (ed in genere per le azioni che provocano elevata domanda di deformazione anelastica), le verifiche sono state effettuate sulle risultanti (forze e momenti) agenti globalmente su una sezione dell'oggetto strutturale (muro a taglio, trave accoppiamento, etc..)

Per le verifiche sezionali degli elementi in c.a. ed acciaio sono stati utilizzati i seguenti legami:

- Legame parabola rettangolo per il cls
- Legame elastico perfettamente plastico o incrudente a duttilità limitata per l'acciaio

◦ ***Combinazioni di carico adottate***

Le combinazioni di calcolo considerate sono quelle previste dal DM 17/01/2018 per i vari stati limite e per le varie azioni e tipologie costruttive. In particolare, ai fini delle verifiche degli stati limite, sono state considerate le combinazioni delle azioni di cui al § 2.5.3 delle NTC 2018, per i seguenti casi di carico:

|   |                               |
|---|-------------------------------|
| SLO                                       | SI                            |
| SLD                                       | SI                            |
| SLV                                       | SI                            |
| SLC                                       | NO                            |
| Combinazione Rara                         | SI                            |
| Combinazione frequente                    | SI                            |
| Combinazione quasi permanente             | SI                            |
| SLU terreno A1 – Approccio 1/ Approccio 2 | SI-CON NTC18 SOLO APPROCCIO 2 |
| SLU terreno A2 – Approccio 1              | NON PREVISTA DALLE NTC18      |

◦ ***Motivazione delle combinazioni e dei percorsi di carico***

Il sottoscritto progettista ha verificato che le combinazioni prese in considerazione per il calcolo sono sufficienti a garantire il soddisfacimento delle prestazioni sia per gli stati limite ultimi che per gli stati limite di esercizio.

Le combinazioni considerate ai fini del progetto tengono infatti in conto le azioni derivanti dai pesi propri, dai carichi permanenti, dalle azioni variabili, dalle azioni termiche e dalle azioni sismiche combinate utilizzando i coefficienti parziali previsti dalle NTC 2018 per le prestazioni di SLU ed SLE.

In particolare per le azioni sismiche si sono considerate le azioni derivanti dallo spettro di progetto ridotto del fattore  $q$  e le eccentricità accidentali pari al 5%. Inoltre le azioni sismiche sono state combinate spazialmente sommando al sisma della direzione analizzata il 30% delle azioni derivanti dal sisma ortogonale.

## Origine e Caratteristiche dei codici di calcolo

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| <b><i>Produttore</i></b>  | S.T.S. srl |
| <b><i>Titolo</i></b>      | CDSWin     |
| <b><i>Versione</i></b>    | Rel. 2021  |
| <b><i>Nro Licenza</i></b> | 37463      |

Ragione sociale completa del produttore del software:

S.T.S. s.r.l. Software Tecnico Scientifico S.r.l.  
***Via Tre Torri n°11 – Complesso Tre Torri***  
***95030 Sant’Agata li Battiati (CT).***

- ***Affidabilità dei codici utilizzati***

L’affidabilità del codice utilizzato e la sua idoneità al caso in esame, è stata attentamente verificata sia effettuando il raffronto tra casi prova di cui si conoscono i risultati esatti sia esaminando le indicazioni, la documentazione ed i test forniti dal produttore stesso.

La **S.T.S. s.r.l.**, a riprova dell’affidabilità dei risultati ottenuti, fornisce direttamente on-line i test sui casi prova liberamente consultabili all'indirizzo:

<http://www.stsweb.it/area-utenti/test-validazione.html>



### Validazione dei codici

L'opera in esame non è di importanza tale da necessitare un calcolo indipendente eseguito con altro software da altro calcolista.

### Presentazione sintetica dei risultati

Una sintesi del comportamento della struttura è consegnata nelle tabelle di sintesi dei risultati, riportate in appresso, e nelle rappresentazioni grafiche allegate in coda alla presente relazione in cui sono rappresentate le principali grandezze (deformate, sollecitazioni, etc..) per le parti più sollecitate della struttura in esame.

#### Tabellina Riassuntiva delle % Massa Eccitata

Il numero dei modi di vibrare considerato (6) ha permesso di mobilitare le seguenti percentuali delle masse della struttura, per le varie direzioni:

| DIREZIONE | % MASSA         |
|-----------|-----------------|
| X         | 100             |
| Y         | 100             |
| Z         | NON SELEZIONATA |

#### Tabellina Riassuntiva degli Spostamenti SLO/SLD

| Stato limite | Status Verifica |
|--------------|-----------------|
| SLO          | VERIFICATO      |
| SLD          | VERIFICATO      |

#### Tabellina riassuntiva delle verifiche SLU

| Tipo di Elemento                 | Non Verif/Totale        | STATUS       |
|----------------------------------|-------------------------|--------------|
| <i>Travi c.a. Fondazione</i>     | 0 su 455                | VERIFICATO   |
| <i>Travi c.a. Elevazione</i>     | 0 su 158                | VERIFICATO   |
| <i>Pilastrini in c.a.</i>        | 0 su 97                 | VERIFICATO   |
| <i>Shell in c.a.</i>             | 0 su 0                  | NON PRESENTI |
| <i>Piastre in c.a.</i>           | 0 su 1                  | VERIFICATO   |
| <i>Aste in Acciaio</i>           | 0 su 0                  | NON PRESENTI |
| <i>Aste in Legno</i>             | 0 su 0                  | NON PRESENTI |
| <i>Zattera Plinti</i>            | 0 su 0                  | NON PRESENTI |
| <i>Pali/Micropali (Plinti)</i>   | 0 su 0                  | NON PRESENTI |
| <i>Micropali (Travi/Piastre)</i> | 0 su 0 <b>Tipologie</b> | NON PRESENTI |

#### Tabellina riassuntiva delle verifiche SLE

| Tipo di Elemento | Non Verif/Totale | STATUS |
|------------------|------------------|--------|
|------------------|------------------|--------|

| Relazione Generale |  |
|--------------------|--|
|--------------------|--|

|                              |          |              |
|------------------------------|----------|--------------|
| <b>Travi c.a. Fondazione</b> | 0 su 455 | VERIFICATO   |
| <b>Travi c.a. Elevazione</b> | 0 su 158 | VERIFICATO   |
| <b>Pilastrini in c.a.</b>    | 0 su 97  | VERIFICATO   |
| <b>Shell in c.a.</b>         | 0 su 0   | NON PRESENTI |
| <b>Piastre in c.a.</b>       | 0 su 1   | VERIFICATO   |
| <b>Aste in Acciaio</b>       | 0 su 0   | NON PRESENTI |
| <b>Aste in Legno</b>         | 0 su 0   | NON PRESENTI |
| <b>Zattera Plinti</b>        | 0 su 0   | NON PRESENTI |
| <b>Pali</b>                  | 0 su 0   | NON PRESENTI |

### Tabellina Riassuntiva della Ridistribuzione Plastica

|  | <b>Numero totale Travi a cui si e' applicata la redistribuzione plastica</b> | <b>Numero Travi con coeff. di redistribuzione plastica inferiore al limite di Norma</b> |
|--|--|---|
| Ridistribuzione Plastica Travi in C.A. | NON ESEGUITA   | NON ESEGUITA  |

### **Tabellina Riassuntiva delle Verifiche di Gerarchia delle Resistenze**

|                              | Non Verif/Totale | STATUS       |
|------------------------------|------------------|--------------|
| Gerarchia Trave Colonna c.a. | 0 su 48          | VERIFICATO   |
| Gerarchia Trave Colonna acc. | 0 su 0           | NON ESEGUITA |

### **Tabellina Riassuntiva delle Verifiche delle Unioni Metalliche**

|            | Non Verif/Totale | STATUS       |
|------------|------------------|--------------|
| Telai      | 0 su 0           | NON PRESENTI |
| Reticolari | 0 su 0           | NON PRESENTI |

### Tabellina riassuntiva delle PushOver

[illegible]

## Relazione Generale

|                 |  |  |  |  |
|-----------------|--|--|--|--|
| NON PRESENTE    |  |  |  |  |
| NON PRESENTE    |  |  |  |  |
| NON PRESENTE    |  |  |  |  |
| NON PRESENTE    |  |  |  |  |
| NON PRESENTE    |  |  |  |  |
| NON PRESENTE    |  |  |  |  |
| NON PRESENTE    |  |  |  |  |
| NON PRESENTE    |  |  |  |  |
| NON PRESENTE    |  |  |  |  |
| NON PRESENTE    |  |  |  |  |
| NON PRESENTE    |  |  |  |  |
| NON PRESENTE    |  |  |  |  |
| NON PRESENTE    |  |  |  |  |
| NON PRESENTE    |  |  |  |  |
| NON PRESENTE    |  |  |  |  |
| NON PRESENTE    |  |  |  |  |
| NON PRESENTE    |  |  |  |  |
| NON PRESENTE    |  |  |  |  |
| NON PRESENTE    |  |  |  |  |
| NON PRESENTE    |  |  |  |  |
| NON PRESENTE    |  |  |  |  |
| NON PRESENTE    |  |  |  |  |
| NON PRESENTE    |  |  |  |  |
| NON PRESENTE    |  |  |  |  |
| NON PRESENTE    |  |  |  |  |
| Min. PgaSL/Pga% |  |  |  |  |

### Tabellina riassuntiva verifiche Murature

| Tipo Verifica          | Non Verif/Totale | Coeff. Sicur. Minimi | STATUS       |
|------------------------|------------------|----------------------|--------------|
| Maschi – Statiche      | 0 su 0           |                      | NON PRESENTE |
| Maschi – Sisma Ortog.  | 0 su 0           |                      | NON PRESENTE |
| Maschi – Sisma Parall. | 0 su 0           |                      | NON PRESENTE |
| Architravi             | 0 su 0           |                      | NON PRESENTE |
| Meccanismi Locali      | 0 su 0           |                      | NON PRESENTE |

### Tabellina riassuntiva verifiche Murature Armate

| Tipo Verifica          | Non Verif/Totale | Coeff. Sicur. Minimi | STATUS       |
|------------------------|------------------|----------------------|--------------|
| Maschi – Statiche      | 0 su 0           |                      | NON PRESENTE |
| Maschi – Sisma Ortog.  | 0 su 0           |                      | NON PRESENTE |
| Maschi – Sisma Parall. | 0 su 0           |                      | NON PRESENTE |
| Architravi             | 0 su 0           |                      | NON PRESENTE |

### Tabellina riassuntiva verifiche Pareti CLS Debolmente Armate

| Tipo Verifica         | Non Verif/Totale | Coeff. Sicur. Minimi | STATUS       |
|-----------------------|------------------|----------------------|--------------|
| Maschi – Statiche     | 0 su 0           |                      | NON PRESENTE |
| Maschi – Sisma Ortog. | 0 su 0           |                      | NON PRESENTE |

|                           |
|---------------------------|
| <b>Relazione Generale</b> |
|---------------------------|

|                        |        |  |              |
|------------------------|--------|--|--------------|
| Maschi – Sisma Parall. | 0 su 0 |  | NON PRESENTE |
| Architravi             | 0 su 0 |  | NON PRESENTE |

**Tabellina riassuntiva della portanza**

|   | VALORE        | STATUS     |
|---|---------------|------------|
| Sigma Terreno Massima (kg/cm <sup>2</sup> ) | 1.01          |            |
| Coeff. di Sicurezza Portanza Globale        | 1             | VERIFICATO |
| Coeff. di Sicurezza Scorrimento             | 19.74         | VERIFICATO |
| Cedimento Elastico Massimo (cm)             | 7.93          |            |
| Cedimento Edometrico Massimo (cm)           | 4.03          |            |
| Cedimento Residuo Massimo (cm)              | NON CALCOLATO |            |

**Tabellina riassuntiva della Stabilita' Globale della struttura**

|                                       |                              |
|---------------------------------------|------------------------------|
| Numero della combinazione di carico   | CARICO CRITICO NON CALCOLATO |
| Valore del moltiplicatore dei carichi | CARICO CRITICO NON CALCOLATO |

### **Informazioni sull'elaborazione**

Il software è dotato di propri filtri e controlli di autodiagnostica che intervengono sia durante la fase di definizione del modello sia durante la fase di calcolo vero e proprio.

In particolare il software è dotato dei seguenti filtri e controlli:

- Filtri per la congruenza geometrica del modello generato;
- Controlli a priori sulla presenza di elementi non connessi, interferenze, mesh non congruenti o non adeguate;
- Filtri sulla precisione numerica ottenuta, controlli su labilità o eventuali mal condizionamenti delle matrici, con verifica dell'indice di condizionamento;
- Controlli sulla verifiche sezionali e sui limiti dimensionali per i vari elementi strutturali in funzione della normativa utilizzata;
- Controlli e verifiche sugli esecutivi prodotti;
- Rappresentazioni grafiche di post-processo che consentono di evidenziare eventuali anomalie sfuggite all'autodiagnostica automatica.

In aggiunta ai controlli presenti nel software si sono svolti appositi calcoli su schemi semplificati, che si riportano nel seguito, che hanno consentito di riscontrare la correttezza della modellazione effettuata per la struttura in esame.

### Giudizio motivato di accettabilità

Il software utilizzato ha permesso di modellare analiticamente il comportamento fisico della struttura utilizzando la libreria disponibile di elementi finiti.

Le funzioni di visualizzazione ed interrogazione sul modello hanno consentito di controllare sia la coerenza geometrica che la adeguatezza delle azioni applicate rispetto alla realtà fisica.

Inoltre la visualizzazione ed interrogazione dei risultati ottenuti dall'analisi quali: sollecitazioni, tensioni, deformazioni, spostamenti e reazioni vincolari, hanno permesso un immediato controllo di tali valori con i risultati ottenuti mediante schemi semplificati della struttura stessa.

Si è inoltre riscontrato che le reazioni vincolari sono in equilibrio con i carichi applicati, e che i valori dei taglianti di base delle azioni sismiche sono confrontabili con gli omologhi valori ottenuti da modelli SDOF semplificati.

Sono state inoltre individuate un numero di travi ritenute significative e, per tali elementi, è stata effettuata una apposita verifica a flessione e taglio.

Le sollecitazioni fornite dal solutore per tali travi, per le combinazioni di carico indicate nel tabulato di verifica del **CDSWin**, sono state validate effettuando gli equilibri alla rotazione e traslazione delle dette travi, secondo quanto meglio descritto nel calcolo semplificato, allegato alla presente relazione.

Si sono infine eseguite le verifiche di tali travi con metodologie semplificate e, confrontandole con le analoghe verifiche prodotte in automatico dal programma, si è potuto riscontrare la congruenza di tali risultati con i valori riportati dal software.

Si è inoltre verificato che tutte le funzioni di controllo ed autodiagnostica del software abbiano dato tutte esito positivo.

Da quanto sopra esposto si può quindi affermare che il calcolo è andato a buon fine e che il modello di calcolo utilizzato è risultato essere rappresentativo della realtà fisica, anche in funzione delle modalità e sequenze costruttive.